

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平6-501988

第3部門第4区分

(43) 公表日 平成6年(1994)3月3日

(51) Int.Cl. ³	識別記号	庁内整理番号	F I
B 2 2 F 5/08		6977-4K	
B 2 1 H 5/00	C	7047-4E	
C 2 1 D 7/04	A	7412-4K	
F 1 6 H 55/06		8012-3J	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 5 頁)

(21) 出願番号	特願平3-516455
(86) (22) 出願日	平成3年(1991)10月8日
(85) 翻訳文提出日	平成5年(1993)4月8日
(86) 国際出願番号	P C T / G B 9 1 / 0 1 7 4 2
(87) 国際公開番号	W O 9 2 / 0 5 8 9 7
(87) 国際公開日	平成4年(1992)4月16日
(31) 優先権主張番号	9 0 2 1 8 3 3 . 0
(32) 優先日	1990年10月8日
(33) 優先権主張国	イギリス (G B)

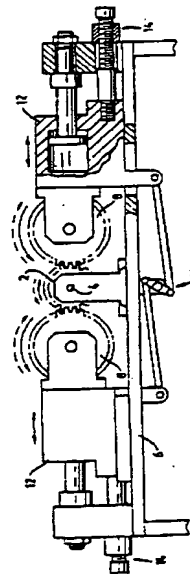
(71) 出願人	フォームフロ リミテッド イギリス チェルトナム ジーエル51 8 ビーダブリュー グロースター ロード ランズダウン インダストリアル エステ ート (番地なし)
(72) 発明者	コール クリストファー ジョン イギリス グロースター ジーエル20 6 ディージー テュークスバリー トゥワ イニング フリート レーン "シーリン グ" (番地なし)
(74) 代理人	弁理士 中村 稔 (外6名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粉末金属素材で製造された転造歯車

(57) 【要約】

歯車は、歯、歯元及びフランクの領域を表面硬化させて、少なくとも380ミクロンの深さまで90乃至100%の範囲の稠密を確立することにより、プレスして焼結した粉末金属素材(2)から形成される。



請求の範囲

1. プレスして焼結した粉末金属素材から形成される歯車において、
歯車が、歯、歯元及びフランクの領域で表面硬化されて、少なくとも380ミクロンの深さまで90乃至100%の範囲の稠密を確立する、
ことを特徴とする歯車。
2. 前記歯車の硬化された表面での密度がほぼ100%である、請求の範囲第1項に記載の歯車。
3. 金属密度が深さに関して減少する率が、少なくとも線形である、請求の範囲第1項又は第2項に記載の歯車。
4. 前記密度の減少率が前記表面で比較的小さく、前記硬化された部分の最大深さに向けて一様に増大している、請求の範囲第3項に記載の歯車。
5. 前記金属粉末が、基材としての鉄と、少なくとも1つの合金用添加物との混合物からなる、請求の範囲第1項乃至第4項の何れか1項に記載の歯車。
6. 前記合金用添加物が、炭素、クロム、マンガン及びモリブデンからなる、請求の範囲第5項に記載の歯車。
7. 前記金属粉末の粒径が2乃至10ミクロンの範囲である、請求の範囲第1項乃至第6項の何れか1項に記載の歯車。
8. プレスして焼結した粉末金属素材の歯、歯元及びフランクの領域を転造して、少なくとも380ミクロンの深さまで90乃至100%の範囲の稠密を確立する、
ことを特徴とする歯車の製造方法。
9. 前記領域が、前記転造工程で約120ミクロンほど締め固められる、請求の範囲第8項に記載の方法。
10. 前記素材が、乾燥した水素/窒素雰囲気中で焼結される、請求の範囲第8項又は第9項に記載の方法。

例する。通常、少なくとも表面に近接した領域での密度は、この最小値より著しく大きくなる。典型的には、密度の減少率は、表面で非常に小さく、硬化領域の最大深さに向って一様に増大する。かくして、密度は、深さの2乗あるいはそれ以上の乗数に関連して変化する。

本発明による歯車で用いられる金属粉末は、最終的な応用機器に従って選定され、また他の形態の金属からの高性能歯車の製造に用いられるものと同様の低級合金鋼を含むことができる。これらの粉末は、基材としての鉄に合金添加剤を加えた混合物あるいは完全なプリ合金粉末(pre-alloyed powders)の何れであってもよい。典型的な完全なプリ合金粉末は、AISI 4600及びその誘導体のような組成物のものである。混合粉末は、より圧縮でき、締め固め工程でより高い密度を達成できるという利点を有する。加えて、混合粉末を使用することにより、組成を特定の用途に合わせることができる。例えば、基材としての粉末を潤滑油と一緒に混合して、SAE 4100、SAE 4600、SAE 8500級と同様の組成物の低合金歯車を焼結したときに作ることができる。基材の鉄に対する元素としての粉末添加物としては、炭素、クロム、モリブデン、マンガン、ニッケル、銅、バナジウムがある。更に、添加物の量は、異なる応用で種々に変わるものであるが、通常は各場合で5重量%以下である。

本発明による歯車において、好ましい混合粉末組成物は、重量比で次の組成を有する。

炭素	0.2%
クロム	0.5%
マンガン	0.5%
モリブデン	0.5%

残部は、鉄及び不可避の不純物である。

焼結粉末金属素材の形成におけるクロム、モリブデン及びマンガンの使用は、それらの酸化を最小に得る焼結工程を必要とすることが分かるであろう。本発明で用いられる好ましい工程は、例えば露点-40℃の非常に乾いた水素/窒素雰囲気中で1350℃までの高温で焼結することである。このことは、機械的特性の要する改善及び酸素レベルを約200ppmまで下げるといった付加的な利点がある。

粉末金属素材で製造された転造歯車

本発明は、粉末金属素材から歯車を製造する方法に関する。本発明は、特に、このような歯車が強力な適用に用いるのに十分耐摩耗性になり得る程度の表面強さを達成することに関する。考えられる特定の適用は、例えば高負荷及び高速に適応しなければならない自動車用歯車箱における動力伝達への適用がある。

焼結粉末金属素材から作られる歯車は周知である。英国特許明細書No.1125952号は粉末金属素材から歯車を作る方法を開示し、この方法にあっては、粉末を加圧し焼結した後、歯及び歯元の直径を適当なサイズにするように歯車を転造する。平歯車及びはすば歯車の双方の製造が考えられる。

粉末金属素材から形成される歯車に付随する主な問題は、棒材から機械加工された歯車、鍛造品、鋳造品と比較したときに、粉末金属製歯車は、歯元部における曲げ疲れ強さ及び顎歯組組の残留空けきにより歯のフランクでの低耐摩耗性を減じていたことである。これらの理由から、粉末金属製歯車は、オイルポンプのような低応力の適用で使用できるものの、動力伝達には適当でなかった。動力伝達の適用は、主にははすば歯車を用いるので、粉末金属素材で作られたのはすば歯車を高荷重伝達適用には殆ど用いられていなかった。

我々は、歯車の表面及び十分な深さまで十分な稠密を確立したならば、粉末金属製歯車における歯車の曲げ強さ及び耐摩耗性を相当に改善し得ることを発見した。本発明によれば、プレスして焼結した粉末金属素材から形成される歯車は、歯、歯元及びフランクの領域での転造により表面硬化されて、少なくとも380ミクロンの深さまで90乃至100%の範囲の稠密を確立する。コア密度は、すなわち稠密領域より下の密度は、通常、ほぼ均一で、典型的には、約90%である。稠密の深さは、普通、380乃至500ミクロンの範囲である。我々は、稠密の深さが1000ミクロンを越えると、それ以上の効果はほとんど得られないことを発見した。表面での密度はほぼ100%であり、また少なくとも上述の最小深さまで90%以上の密度のままである。密度が深さに関して減少する割合は、通常、少なくとも線形である。すなわち、硬化領域での最小密度は、深さに逆比

ある。

本発明による歯車で用いられる合金用添加粉末は、好ましくは、粒径が2乃至10ミクロンの範囲である。一般的に、この範囲の粒径は、適当な不活性雰囲気中で合金を微粉砕することにより達成できる。粉砕工程で容易に酸化される合金粉末の酸化の防止にとって、上述した稠密の達成が重要である。

上述のような粉末金属製歯車の効果を発揮する表面層の稠密は、幾つかの転造技術で達成される。単一ダイあるいは二ダイ転造装置の何れを用いてもよく、また歯元及びフランクを別々に及び/又は同時に転造するものであってもよい。各場合において、その転造用ダイあるいは各転造用ダイは、通常、工具用炭素入り鋼で作られた噛み合い歯車の形状である。使用中、ダイは焼結歯車素材に係合され、またこれら2つを回転させるとき、それらの軸は互いに素材の表面の選択された領域を締め固めて転造する。所定の軸間隔に達すると、所定数の歯車回転の間あるいはドウェル時間(dwell time)の間、通常、回転だけが継続される。次いで、2つの部材は互いに離れる。この所定の軸間隔は、勿論、素材の材質及び所望の稠密だけでなく歯車及びダイの大きさによる。典型的には、夫々の転造される表面は、約120ミクロンまで締め固められるであろう。

本発明を用いる幾つかの転造技術を、例示として、また添付した図面を参照して説明する。ここに、

図1は、単一ダイ式転造装置の一部破断側面図である。

図2は、二ダイ式転造装置の一部破断側面図である。

図3乃至図5は、異なる転造機能のために用いられる別のダイ形状を示す詳細図である。

図1の転造装置において、粉末金属素材2は、フレーム6で支持された固定軸4に取付けられて示されている。ダイ8は、キャリッジ12で支持された軸10に回転可能に取付けられ、キャリッジ12はフレーム6に駆動可能に取付けられている。キャリッジ12は、フレーム8上で軸4に向かって近づけられたり、軸4から遠ざけられたりして、ダイ8を合金素材2に係合させたり係合から外したりする。このような運動は、詳細を省略する機構によってキャリッジ12に与えられる。キャリッジ12は、直線路に沿ってフレーム6に対して移動し、許容される前進

の程度はストップ14により制限される。また、キャリア12には、ダイ8を軸10上で回転させるための駆動機構(図示せず)が設けられている。この駆動機構は、ダイ8の歯と係合する適当な歯車に連結された単一のモータからなるのがよい。後に説明する理由で、この駆動機構はダイ8を両方向に回転させるように作動すべきである。

図1の装置による本発明の方法の実施において、粉末金属素材2を軸4に取付け、また適当なダイ8を軸10に取付け且つ駆動機構に適切に連結させる。キャリア12を前進させてダイ8の歯を素材2の歯に係合させ、その時駆動機構を作動させて、互いに噛み合っているダイ8と素材2の両方を回転させる。ダイ8及び素材2が回転すると、キャリア12は前進を続け、ダイ8の歯は、歯の接触している素材2の夫々の表面を転造及び研密にする。キャリア12は、ストップ14で定められる全深位置まで前進する。転造は、この深さで、所定時間あるいは素材2の所定の回転数、継続され、次いで依然としてダイ8及び素材2が回転している状態でキャリア12を引っ込める。

上述の転造工程中、ダイ及び素材の回転を度々反転させてもよい。転造工程中、間欠的な反転が適当であるかも知れない、またそのような反転の頻度を、ダイ8あるいは素材2の回転数によって設定してもよい。

図2の装置は、図1の装置とほぼ同様の態様で作動し、対応する部材には同様の符号を付してある。本質的に、図2の装置は、同じ素材2について同時に作用する一対のダイ8を備えている。キャリア12の進退運動は、簡単なレバーシステム16によって同期される。その他に関しては、図1を参照した上述の説明のものと同じ特徴が採用されている。勿論、ダイ8の回転を同期させなければならない。ダイ8の一方に連結された単一の駆動機構だけを用いることもできるが、通常は、電氣的に同期された2つの駆動機構を用いるのが好ましい。

上述の説明で分かるように、本発明による粉末金属歯車素材の転造において、素材2及び一または複数のダイ8の形状及び要求される転造の種類により複数の異なる種類の転造を行うことができる。主に、上述した改良の進行を達成するのに要求される表面高密度を得るために転造されなければならないのは、ギアの歯元及びフランクである。図3乃至図5には、同じ素材の形状が示されている。別

の歯形状を備えたダイは、素材の歯の表面の別の部分で転造を行っている。

図3には、フランクの転造が唯一図示されている。ダイと素材とが一緒に回転すると、一又は複数のキャリア12が素材の軸に向けて前進するにつれて、ダイの歯18のフランクは、素材の歯20のフランクに対して転造し且つ擦り合う。その結果として、素材の歯20のフランクの表面でその材質は締め固められて稠密層22を形成する。ダイの歯18の先端が一度も素材の歯20の歯元と係合しないことに気付くであろう。このことはストップ14により確保される。ダイの歯18及び素材の歯20の形状は、そのような接触をせずに領域22で所望の締め固めを行うことができるように選定される。

図4には、ダイの歯の形状が、素材の歯の歯元及びフランクで同時に転造を行うように変形されている。このことにより、図示のように素材の隣接した歯の先端の間に延びる領域24を連続的に締め固めることができる。

図5には、ダイの歯に対して他の代用の形状が、歯元だけを転造するように選定されている。この場合、締め固められる領域26は、図3及び図4の各々の変形例の場合よりも極めて限定されている。

図3乃至図5での上述の説明から分かるように、まさしく直造式転造技術を用い、またダイの歯に関して適当な形状を選定することで、粉末金属素材の歯に及びそれらの歯の間で異なる場所に締め固めを行うことができる。転造の深さは、ストップ機構14により調整でき、またこのことは転造処理の制御要因でもある。更に、本発明によれば、ダイの別の歯の形状を、所要の稠密を達成するために、同じ素材に別にあるいは同時に使用することができる。また、この場合、素材の異なる程度の稠密が、製造した歯車の最終的な用途により異なる領域において望まれるかも知れないということに注意すべきである。歯元での稠密が、曲げ強度を高めるのに、すなわち歯が歯車本体から破損するのを防止するのに望ましい。耐摩耗性に関しては、フランクに沿った稠密が望まれる。

上記の説明は、本質的に、粉末金属素材からの平歯車の形成に言及した。しかしながら、同じ技術及び変形例をはずば歯車の製造に適用し得ることが直ちに理解されよう。本発明は、両者に等しく適用可能である。

Fig.1.

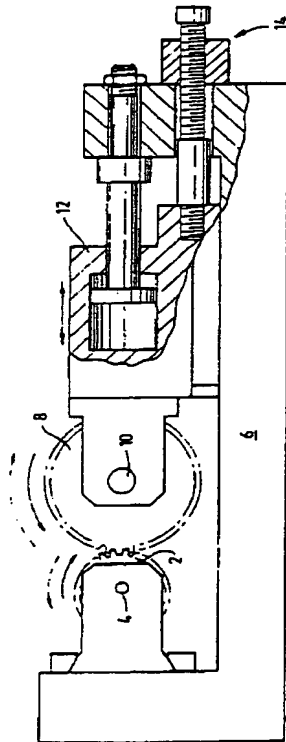
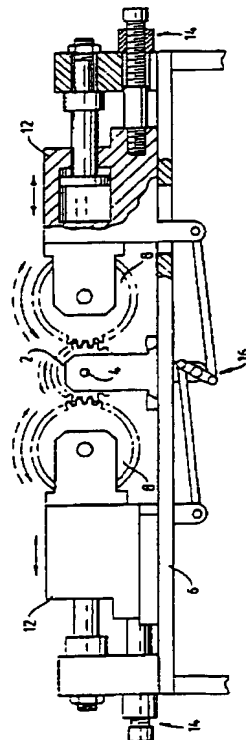


Fig.2



フロントページの続き

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE,
DK, ES, FR, GB, GR, IT, LU, NL, S
E), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA
, GN, ML, MR, SN, TD, TG), AT, AU
, BB, BG, BR, CA, CH, DE, DK, ES,
FI, GB, HU, JP, KP, KR, LK, LU, M
C, MG, MW, NL, NO, PL, RO, SD, SE
, SU, US

【公報種別】特許法第17条第1項及び特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第3部門第4区分

【発行日】平成10年(1998)8月18日

【公表番号】特表平6-501988

【公表日】平成6年(1994)3月3日

【年通号数】

【出願番号】特願平3-516455

【国際特許分類第6版】

B22F 5/08

B21H 5/00

C21D 7/04

F16H 55/06

【F I】

B22F 5/08

B21H 5/00 C

C21D 7/04 A

F16H 55/06

手続補正書

10. 2. 25
平成 年 月 日

特許庁長官 菱井 秀 光 殿

1. 事件の表示 平成3年特許第515455号

2. 補正をする者

事件との関係 出 願 人

名 称 フォームフロ リミテッド

3. 代 理 人

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目3番1号
電話(代) 3211-8741

氏 名 (5995) 井 野 士 中 村

4. 補正命令の日付 白 丸

5. 補正により増加する請求項の数 3 項

6. 補正対象事項名 明細書

7. 補正対象項目名 請求の範囲

8. 補正の内容 別紙記載の通り

請求の範囲

1. プレスして焼結した陶付合金粉末素材から作られる歯車であって、前記合金粉末が鉄粉末と少なくとも一つの合金添加物からなり、前記陶付素材が、1000ミクロンまでの少なくとも380ミクロンの厚さまで完全な理論密度の90ないし100%の範囲の緻密を確立するように少なくとも微元領域及びフランク領域の表面に密度を高めるための力を加えることによって表面が硬化されている、ことからなる歯車。
2. 前記歯車の硬化された表面の密度が、実質的に、完全な理論密度の100%である、請求の範囲第1項に記載の歯車。
3. 前記合金の密度が、前記硬化された領域の表面の下方に深くなるに従って小さくなる、請求の範囲第1項に記載の歯車。
4. 前記合金の密度が、前記硬化された領域の表面の下方に深くなるに従って小さくなる、請求の範囲第2項に記載の歯車。
5. 前記密度の減少率が、前記表面では小さく、また、前記硬化された領域の下方に深くなるに従って大きい、請求の範囲第3項に記載の歯車。
6. 前記密度の減少率が、前記表面では小さく、また、前記硬化された領域の下方に深くなるに従って大きい、請求の範囲第4項に記載の歯車。
7. 前記少なくとも一つの合金添加物がクロム又はマンガンである、請求の範囲第1項ないし請求項6のいずれか1項に記載の歯車。
8. 前記少なくとも一つの合金添加物が、炭素、モリブデン、ニッケル、銅、バナジウムから選択される、請求の範囲第1項ないし第6項のいずれかに記載の歯車。
9. 前記合金添加物の粒子の大きさが2ないし10ミクロンの範囲にある、請求の範囲第1項ないし第6項のいずれかに記載の歯車。
10. 前記合金添加物の粒子の大きさが2ないし10ミクロンの範囲にある、請求の範囲第6項のいずれかに記載の歯車。
11. 前記合金添加物の粒子の大きさが2ないし10ミクロンの範囲にある、請求の範囲第7項に記載の歯車。

12. プレスして焼結した焼付き金属粉末素材から作られる歯車であって、前記金属粉末が鉄粉末と少なくとも一つの合金添加物との混合物からなり、前記焼付き素材が、歯元領域及びフランク領域での表面の下方に1000ミクロンまでの少なくとも380ミクロンの深さまで完全な理論密度の90ないし100%の範囲の稠密を確立するように歯元領域及びフランク領域の表面に凹部を有するための力を初期に加えることによって表面が硬化され、

前記歯車の密度が、(a)前記表面で実質的に理論密度の100%であり、(b)前記硬化された領域では前記表面の下方に深くなるに従って小さくなり、(c)前記表面で小さく且つ前記硬化された領域では深くなるに従って小さくなる率で小さくなる、ことからなる歯車。

13. 前記合金添加物の粒子の大きさが2ないし10ミクロンの範囲にある、請求の範囲第12項に記載の歯車。

14. 前記少なくとも一つの合金添加物が、クロム又はマンガンである、請求の範囲第12項又は第13項に記載の歯車。

15. 前記少なくとも一つの合金添加物が、炭素、モリブデン、ニッケル、銅、バナジウムから選択される、請求の範囲第12項又は第13項に記載の歯車。

16. 鉄粉末と少なくとも一つの合金添加物との混合物からなるプレスして焼結した焼付き金属粉末素材を作る工程と、

少なくとも歯元領域及びフランク領域の表面に密度を高めるための力を加えることによって表面を硬化して、1000ミクロンまでの少なくとも380ミクロンの深さまで完全な理論密度の90ないし100%の範囲の稠密を確立する工程とを有する、歯車を作る方法。

17. 鉄粉末と少なくとも一つの合金添加物との混合物からなるプレスして焼結した焼付き金属粉末素材を作る工程と、

歯元領域及びフランク領域の表面に密度を高めるための力を初期に加えることによって前記焼付き素材を硬化して、前記領域の表面の下方に1000ミクロンまでの少なくとも380ミクロンの深さまで完全な理論密度の90ないし100%の範囲の稠密を確立する工程とを有する、歯車を作る方法であって、前記歯車の前記領域の表面が実質的に理論密度の100%まで稠密され、前

記金属の密度が前記硬化された領域の前記表面から深くなるに従って小さくなり、また、深さに関する密度の減少率が、前記表面で小さく且つ前記硬化された領域では深くなるに従って大きくなる、ことからなる歯車を作る方法。

18. 前記歯車の回転軸と実質的に平行な回転軸を有し、歯車と回転軸に噛み合う歯車伝送ダイを前送させることによって歯車を製造する方法であって、

プレスして焼結した焼付き金属粉末素材の歯元領域及びフランク領域に対して半径方向に前記歯車伝送ダイを前送させて、前記領域では1000ミクロンまでの少なくとも380ミクロンの深さまで完全な理論密度の90ないし100%の範囲の稠密を確立することからなる歯車製造方法。

19. 前記領域が、前記伝送中に実質的に120ミクロンまで締め固められる、請求の範囲第18項に記載の方法。

20. 前記合金添加物が、フェロクロム、フェロモリブデン、フェロマンガから選択される、請求の範囲第18項ないし第19項のいずれかに記載の方法。

21. 前記表面を硬化させる力を加える表面が、歯元領域およびフランク領域の表面からなる、請求の範囲第18項に記載の歯車。

22. 密度を高めるための力が歯元領域およびフランク領域からなる領域の表面に加えられる、請求の範囲第18項ないし第19項のいずれかに記載の方法。

23. プレスして焼結した焼付き金属粉末素材から作られる歯車であって、

前記金属粉末が鉄粉末と少なくとも一つの合金添加物との混合物からなり、前記歯車の歯元領域およびフランク領域が、その表面で完全な理論密度の実質的に100%の稠密を確立し且つ1000ミクロン以下の深さで完全な理論密度の少なくとも90%の稠密を確立するように1000ミクロン以下の深さまで表面硬化されている歯車。

24. プレスして焼結した焼付き金属粉末素材から作られる歯車であって、

前記金属粉末が鉄粉末と少なくとも一つの合金添加物との混合物からなり、前記歯車が、少なくとも380ミクロンの深さまで完全な理論密度の90ないし100%の範囲の稠密を確立するようにフランク領域を稠密まで表面硬化されている歯車。

25. プレスして焼結した焼付き金属粉末素材から作られる歯車であって、

前記金属粉末が鉄粉末と少なくとも一つの合金添加物との混合物からなり、前記歯車が、少なくとも380ミクロンの深さまで完全な理論密度の90ないし100%の範囲の稠密を確立するように歯元領域を稠密するまで表面硬化されている歯車。

26. プレスして焼結した焼付き金属粉末素材から作られる歯車であって、

前記金属粉末が鉄粉末と少なくとも一つの合金添加物との混合物からなり、前記歯車が、少なくとも380ミクロンの深さまで完全な理論密度の90ないし100%の範囲の稠密を確立するようにフランク領域および歯元領域だけを伝送することによって表面硬化されている歯車。

27. プレスして焼結した焼付き金属粉末素材から作られる歯車であって、

前記金属粉末が鉄粉末と少なくとも一つの合金添加物との混合物からなり、前記焼付き素材が、1000ミクロンまでの少なくとも380ミクロンの深さまで完全な理論密度の90ないし100%の範囲の稠密を確立するように歯元領域の表面だけを介して密度を高めるための力を加えることによって表面硬化されてなる歯車。

28. プレスして焼結した焼付き金属粉末素材から作られる歯車であって、

前記金属粉末が鉄粉末と少なくとも一つの合金添加物との混合物からなり、前記焼付き素材が、1000ミクロンまでの少なくとも380ミクロンの深さまで完全な理論密度の90ないし100%の範囲の稠密を確立するようにフランク領域の表面だけを介して密度を高めるための力を加えることによって表面硬化されてなる歯車。

29. 前記金属の密度が、前記硬化された領域の表面の下方に深さが大きくなるに従って小さくなる、請求の範囲第27項に記載の歯車。

30. 前記金属の密度が、前記硬化された領域の表面の下方に深さが大きくなるに従って小さくなる、請求の範囲第28項に記載の歯車。

31. 密度の減少率が、前記表面で小さく、また、前記硬化した領域の表面の下方に深くなるに従って大きくなる、請求の範囲第27項に記載の歯車。

32. 密度の減少率が、前記表面で小さく、また、前記硬化した領域の表面の下方に深くなるに従って大きくなる、請求の範囲第28項に記載の歯車。

33. 前記少なくとも一つの合金添加物が、クロム又はマンガンである、請求の範囲第27項ないし第32項のいずれかに記載の歯車。

34. 前記少なくとも一つの合金添加物が、炭素、モリブデン、ニッケル、銅、バナジウムから選択される、請求の範囲第27項ないし第32項のいずれかに記載の歯車。

35. 前記合金添加物の粒子の大きさが、2ないし10ミクロンの範囲にある、請求の範囲第27項ないし第32項のいずれかに記載の歯車。

36. 前記合金添加物の粒子の大きさが、2ないし10ミクロンの範囲にある、請求の範囲第33項に記載の歯車。

37. 前記合金添加物の粒子の大きさが、2ないし10ミクロンの範囲にある、請求の範囲第34項に記載の歯車。

38. 前記領域が、前記力を加えている間、実質的に120ミクロンまで締め固められる、請求の範囲第27項に記載の方法。

39. 前記領域が、前記力を加えている間、実質的に120ミクロンまで締め固められる、請求の範囲第28項に記載の方法。

40. 前記金属粉末素材が水素と窒素とからなる乾いた雰囲気中で焼結される、請求の範囲第27項に記載の方法。

41. 前記金属粉末素材が水素と窒素とからなる乾いた雰囲気中で焼結される、請求の範囲第28項に記載の方法。

42. 前記合金添加物が、フェロクロム、フェロモリブデン、フェロマンガから選択される、請求の範囲第27項に記載の歯車。

43. 前記合金添加物が、フェロクロム、フェロモリブデン、フェロマンガから選択される、請求の範囲第28項に記載の歯車。

44. プレスして焼結した焼付き金属粉末素材から作られる歯車であって、

前記金属粉末が、鉄粉末、炭素、モリブデン、ニッケル、銅、バナジウム、クロム、マンガン、フェロクロム、フェロモリブデン、フェロマンガから選択された2ないし10ミクロンの範囲の粒子の大きさを有する少なくとも一つの合金添加物との混合物からなり、

前記焼付き素材が、歯元領域の表面だけを介して又はフランク領域だけを介

して密度を高めるための力を加えることによって表面硬化されて、この力が加えられた領域の表面の下方に1000ミクロンまでの少なくとも380ミクロンの深さまで完全な理論密度の90ないし100%の稠密を確立し、

前記硬化された領域の金属の密度が、(a) 前記表面で実質的に理論密度の100%であり、(b) 前記硬化された領域での前記表面の下方に疎くなるに従って小さくなり、(c) 前記表面で小さく且つ前記硬化された領域で疎くなるに従って大きくなる中で小さくなる、ことからなる曲率。

45. 前記領域が、前記力を与えている間、実質的に120ミクロンまで締め固められる、請求の範囲第44項に記載の曲率。

46. 前記金属粉末素材が水素と窒素とからなる乾いた雰囲気流で焼結される、請求の範囲第44項に記載の曲率。